

遵照 教育部六十年二月公佈高級中學物理課程標準編著

018028

教育部六十八年審定

高級中學

物理學

(自然科組)

下 冊

編著者 吳友仁



東華書局印行

編 輯 大 意

1. 本書係遵照民國六十年二月教育部頒布之高級中學物理科自然學科組課程標準編輯而成，專供高級中學第三學年自然科組物理科教學之用。
2. 本書係以美國物理科學研究委員會 (PSSC) 編定之高中物理教材 (一九七〇年第三版)，美國哈佛大學一九六六年編輯發行的“哈佛計劃物理”(高中用本) (Harvard Project Physics)，一九六八年出版的“霍爾特物理教本”(高中用書) (The Holt Physics Program) 諸書，斟酌取捨，增刪整理，作為取材根據。
3. 東華書局於民國五十五年發行拙編高級中學物理學（自然科組）以來，承國內各校普遍採用，六年來屢次廣徵採用教師意見分門別類，兩度加以修訂整理，俾切合需要，減少教學困難。茲更參酌本國實際情況去蕪存菁增補最新科學知識，重新編寫。務使學習者對日常生活有關之物理現象，近代物理常識以及與工業國防有關之知識發生興趣，有所瞭解。
4. 本書編輯時一方面參考初中物理教本，一方面參考大學用書俾使互相銜接，除必要外儘量避免重複脫節。又為提高我國學生程度，增加研習興趣起見，其中曾部分採用艾隆索 (Marcelo Alonso) 與斐恩 (Edward J. Finn) 之大學物理學 (1969) 及雷士勒 (R. Resnick) 與霍立德 (D. Halliday) 合編的物理學基本原理 (1970)，貝茲 (Albert V. Baez) 編新大學物理學 (1967) 等書中新材與圖說。
5. 課本內之習題均經重新選編，饒有趣味，且富啟發性，學習者仔細演練，對課本內容之瞭解與吸收有極大助益。
6. 本書所用術語、名詞均以教育部於六十年十二月公佈之物理學名

詞爲準，其有未經列入之名詞，則參考羣籍，妥爲訂定，以簡明合理，不易混淆爲原則。

7. 本書根據最新物理教學理論廢棄舊有“篇”名，以章爲單位，介紹時、空、物質、力、能、光、波、電而至量子觀念，循序漸進，一氣呵成。前後呼應，無重複蕪雜之弊。且曾與新公布之化學課程標準對照，凡雷同重覆之部分，均經刪除化簡。
8. 本書編校，力求完善，但謬誤仍恐難免，至希諸先進教學同仁隨時賜正，俾作修訂參考，至爲感禱。

G634.7
881(3)
2

S

018028

高中物理學(自然科組)

下 冊 目 次

第十三章 光的直進和反射	1
13-1 發光體和非發光體	1
13-2 透明、彩色及不透明物質	2
13-3 影	3
13-4 光束、光柱和光線	4
13-5 物體位置的判定	5
13-6 反射定律	6
13-7 平面鏡的成像	7
13-8 拋物面鏡和球面鏡	9
13-9 凹面鏡和凸面鏡的成像	10
13-10 實像和虛像	14
13-11 感光裝置	16
13-12 光速的測定	17
習題十三	20
第十四章 光的折射和透鏡	23
14-1 折射定律和折射率	23
14-2 絕對折射率	24
14-3 光路的可逆性	25
14-4 相對折射率	27
14-5 全反射	29



S9000153

14-6	三稜鏡的折射和色散·····	31
14-7	透鏡·····	33
14-8	透鏡的成像·····	37
14-9	顯微鏡和望遠鏡·····	38
	習題十四·····	41
第十五章 彈性繩上的波和水波·····		44
15-1	波及其傳播的介質·····	44
15-2	彈性繩上的波·····	45
15-3	脈動的會合·····	48
15-4	脈動的反射和透射·····	51
15-5	水波·····	53
15-6	水波的反射·····	57
15-7	水波的折射·····	58
	習題十五·····	61
第十六章 波的干涉·····		65
16-1	繩上波動的干涉、駐波·····	65
16-2	水波的干涉、節線·····	66
16-3	節線的形狀·····	71
16-4	波長、波源間隔和角度·····	73
16-5	相·····	75
	習題十六·····	79
第十七章 光波·····		82
17-1	光的干涉·····	82
17-2	楊氏實驗·····	84

17-3	光色和波長的關係	86
17-4	光的繞射	88
17-5	單狹縫和雙狹縫的試驗	92
17-6	鑑別率	93
17-7	薄膜的干涉	95
17-8	透過薄膜的光的干涉	98
17-9	干涉的彩色效應	99
17-10	光的波長	99
	習題十七	100

第十八章 帶電體間互相作用的力 104

18-1	帶電體	104
18-2	絕緣體和導體	106
18-3	驗電器	108
18-4	靜電感應	110
18-5	兩帶電體間互相作用的電力和距離的關係	112
18-6	庫倫定律	114
18-7	電量的單位	115
18-8	電場和電力線	118
18-9	帶電質點在均勻電場中的運動	123
18-10	熱離子管和陰極射線示波器	125
18-11	電量的天然單位—密立根油滴實驗	128
18-12	大電秤和庫倫定律中的常數 k	133
18-13	電荷之守恒	136
	習題十八	136

第十九章 電荷在電場中的能量 141

19-1	電位能、電位、電位差	141
------	------------	-----

19-2	帶電質點在電場中的能量	146
19-3	電子和質子質量的測定	147
19-4	電流	152
19-5	金屬導體中的電流	155
19-6	電解	156
19-7	由電解測定電流	158
19-8	電池的電動勢和能量的轉變	159
19-9	帶電體的電位能	161
19-10	電功率	162
	習題十九	163
第二十章 電路		168
20-1	導線中的電場	168
20-2	電阻	170
20-3	歐姆定律	171
20-4	閉合電路	172
20-5	電路中能量的轉換	174
20-6	非線性導體中電流和電位差的關係	175
20-7	電路的一般情況	178
	習題二十	184
第二十一章 磁場		190
21-1	磁性	190
21-2	運動電荷的磁性作用	192
21-3	磁力線	196
21-4	帶電質點在均勻磁場中運動的軌跡	197
21-5	利用磁場測定帶電質點的質量	200
21-6	α -質點	204

21-7	載流直導線在磁場中所受的磁力·····	205
21-8	量電儀器和電動機·····	208
21-9	載流直導線所建立的磁場·····	213
21-10	圓形導線中心處的磁場強度·····	216
21-11	環場積·····	217
21-12	螺線管中之磁場強度·····	220
	習題二十一·····	223

第二十二章 電磁感應與電磁波····· 230

22-1	感應電流·····	230
22-2	相對運動·····	231
22-3	磁通量和磁通量的變化·····	232
22-4	感應電動勢·····	237
22-5	楞次定律·····	239
22-6	感應電場·····	242
22-7	貝他加速器·····	245
22-8	電通量變化時的感應磁場·····	246
22-9	磁場運動所生的感應電場·····	252
22-10	電場和磁場的循環相生·····	258
22-11	電磁波·····	260
22-12	電磁波譜·····	263
	習題二十二·····	266

第二十三章 探測原子····· 272

23-1	α -質點的偏向和拉塞福原子模型·····	272
23-2	α -質點在原子核電場中運動的路徑·····	276
23-3	散射質點的分佈·····	280

23-4	從散射現象所得的進一步資料	283
23-5	拉塞福原子模型所遭遇的困難	285
	習題二十三	287

第二十四章 光與光電效應 291

24-1	光的質點模型	291
24-2	光的波動說所遭遇的困難	294
24-3	光的顆粒特性	296
24-4	光電效應	298
24-5	愛因斯坦對光電效應的解釋	299
24-6	光子的動量	302
24-7	康卜吞效應	306
24-8	光子與干涉現象	308
24-9	光子與電磁波	309
	習題二十四	311

第二十五章 原子結構和物質波 315

25-1	夫然克和赫茲實驗—原子的能階	315
25-2	光譜	318
25-3	原子的受激與光子的放射	320
25-4	吸收光譜和原子內能	325
25-5	氫的能階	328
25-6	物質波	331
25-7	電子和中子的干涉實驗	333
25-8	光和物質	337

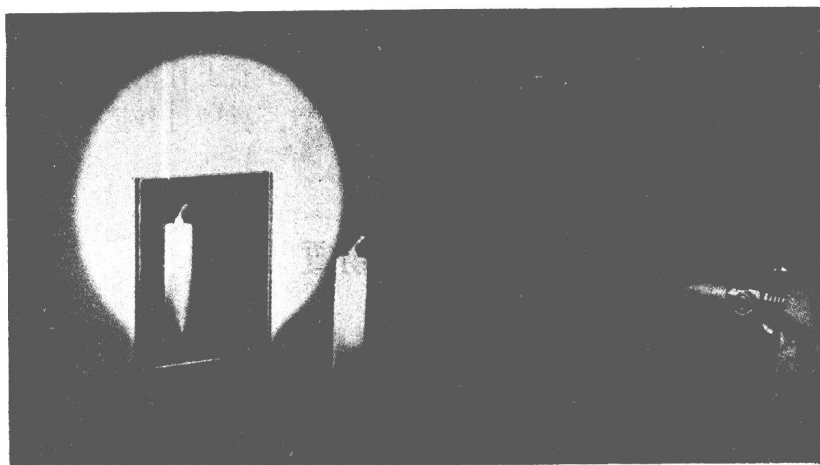
25-9 物質波的駐波·····	338
25-10 氫原子的能階·····	341
25-11 結論·····	345
習題二十五·····	346

第十三章

光的直進和反射

13-1 發光體和非發光體

太陽、星、燈及螢火蟲都能發光，能發光的物體稱為發光體 (Luminous bodies)；其他不能發光的物體——如樹、草、書頁——稱為非發光體 (Non-luminous bodies)，非發光體只能接收發光體所射出的光線，再反射到我們的眼睛裏，使我們看到。(圖13-1)



■ 13-1 由光源射出的光到達平面鏡後，未反射到我們的眼睛裏，所以平面鏡看起來是黑色的，而鏡後紙屏則把光反射到眼睛來，所以看起來十分明亮。

物體之為發光體或非發光體乃因其構成的材料及狀況而定。改變物質的狀況，可以將物質變為發光體或非發光體。普通電燈泡(亦稱白熾燈)內的燈絲，在沒有通電流以前，屬非發光體。冷的鐵片放入爐

中加熱，便可以散發出紅、黃乃至白熾的光。一般固體或融熔的金屬液體被加熱到攝氏800度（約華氏1400度）左右，就可以發光。這種物質稱為白熾物體（Incandescent bodies）。

仔細觀察蠟燭火焰，可發現光線是由火焰中燃燒著的許多微小碳粒所發射出來的，這些碳粒被加熱後，便發出亮光，所以燭焰亦是一種白熾物。

並非所有發光體都是白熾物。氖燈管和日光燈，像電燈泡一樣，有電流通過就能發光，但並未達到高溫。一般白熾燈的燈絲中通過的電流逐漸增加時，燈泡的光度隨之增加，而顏色也同時改變，自暗紅變為亮黃，再變而成“白熱”；但若將氖燈管的電流增加，其光度固亦隨之增大，但顏色並不改變。由此可知白熾燈和其他發光體間有一基本不同之點：前者，其光度及顏色的改變與溫度有密切的關係；而後者，顏色主要是隨其構成物質的種類而定，與溫度等無關。

到達眼睛的光線大部分是發光體所發的光線經由非發光體反射而來。在月光下辨認物體，月亮是光線的來源。事實上月亮並非發光體，月光只是經過月球表面反射的太陽光。所以月亮僅可算是一種間接的照明工具。

13-2 透明、彩色及不透明物質

透過潔淨的玻璃窗可以看到窗外清晰明亮的景物，而玻璃的存在卻難以察覺，像這樣能夠透過光線的物質稱為**透明體**（Transparent）。

透明體的厚度對透過的光量有無影響？——單片的玻璃似乎可使光線完全透過，但是如將十片或二十片的潔淨玻璃片重疊起來，則見透過的光有些模糊減弱並且呈現出各種顏色。顯然有些物質，像塑膠、玻璃及水等，當光線通過時，僅有部分光線可以穿透過去，而有一部分的光則被吸收了。

有許多透明體是帶有顏色的，透過紅色玻璃片看被太陽光或電燈光照射的白紙，白紙呈現紅色。本來白紙反射的是白光，紅色玻璃卻

能使它呈現紅色。再將第二片紅色玻璃置於第一片與眼睛之間，所見紅色更深。如果代以兩片綠色玻璃做實驗，則所見白紙所呈現的綠色較只有一片綠色玻璃時為深。如以紅綠二色玻璃重疊做實驗，則所得結果一定不紅不綠。我們可以確定的是：透過兩片玻璃的光必較透過一片時為少。

大部分的物質可以吸收或反射全部入射的光，而不使其透過。如金屬片、木板、紙板或厚衣服等，這些物質稱為**不透明體** (Opaque)。不透明物質可將照射光的一部分反射，而吸收其餘的，但不令光透過。

13-3 影

光源極小可視為一點者，稱為**點光源**。一般光源可以視為許許多多點光源的集合體。當一個光源上所發出的光遭遇到一個不透明體時，

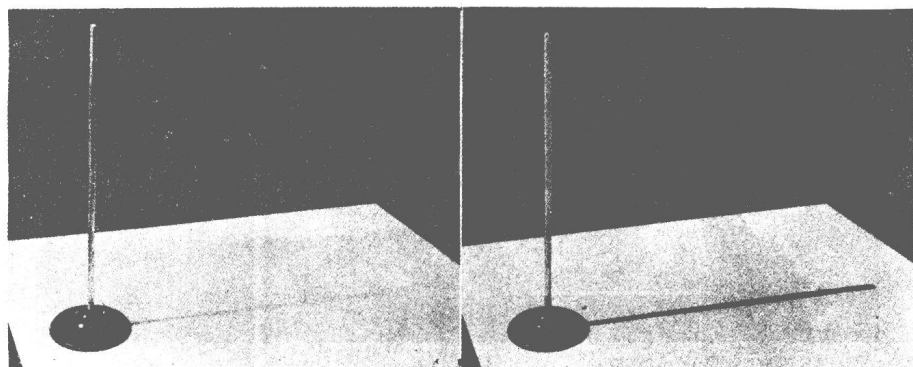


圖 13-2 點光源所成的影十分清晰，而廣袤光源所成的影，因有部分光線可以達到該區域，所以顯得模糊。

便在它的後面形成一個影 (Shadow) (圖13-2)。光是直進的，光源上任一點所發出的光均不能到達 c 與 d 間的圓圈區內(圖13-3)，因此這區域內的影是純黑的。在圓周 ab 與 cd 間的環形區域內，有部分的光線可到達屏幕上，因此這區域內的影並不純黑，並且逐漸地由濃而淡。在 ab 區域以外，光源上各點所發出的光線均可到達，故為無影區域。

光源上的所有光線都不能到達的暗黑部分，稱為**本影** (Umbra)。有部分光線可到達的較淡的部分，稱為**半影** (Penumbra)。當地球上某地區進入月球的本影內時，即為該地區的**日全蝕** (Total eclipse of the sun)；當進入半影的區域內時，可以看見部分的太陽，即該地區的**日偏蝕** (Partial eclipse of the sun)。

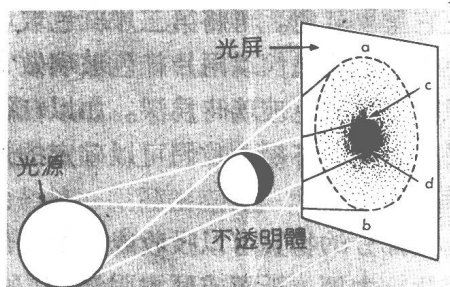


圖 13-3 廣袤光源所形成之影。
本圖係光源與障礙物等之剖面圖。

13-4 光束、光柱和光線

圖13-4上圖表示點光源通過針孔所發射的光束 (Light beams)，形如圓錐，而不是圓柱形。此圓錐的軸（針孔中心與圓錐底中心的連線）必通過光源和針孔的中央。

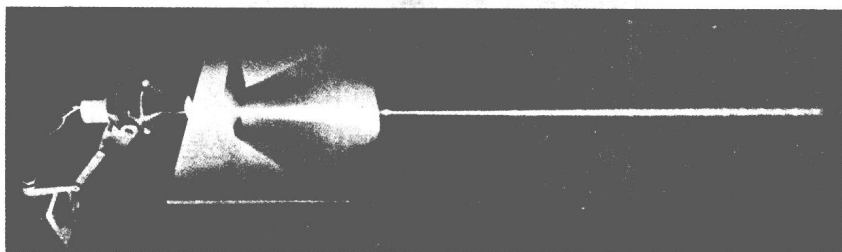
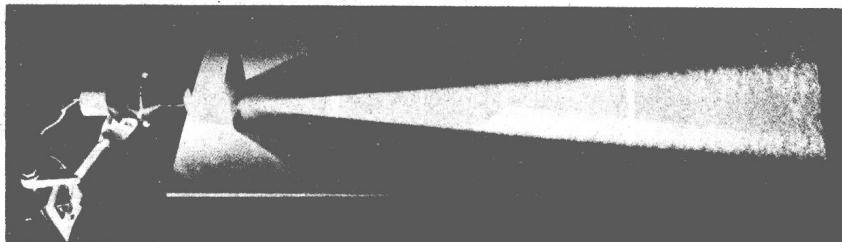


圖 13-4 光束與光柱。上圖中光源所發射之光透過針孔而形成錐形之光束；下圖中光源所發射之光透過兩個同在一一直線上的針孔而形成狹長之光柱。

如圖13-4下圖，將兩針孔與點光源排列於同一直線上，可得狹長的光柱(Pencils)。若針孔極小，可將這種光柱變成極細，這種極細小的光柱便是光線(Ray of light)。當然，這種光線仍有粗細的程度，仍非幾何上的直線，但姑將其設想成幾何直線，對以後的討論較為方便，將此直線光繪出可以表示光進行的方向。光束與光柱常可看到，而光線則是想像的東西，用以表示極端細小的光柱。

13-5 物體位置的判定

由光源發射的幾條光線的方向，可以推知光源的位置，只要將其中兩條光線沿與進行方向相反的方向延長，則此延線的交點便是光源的所在。當發自光源上的一小光束射到眼睛時，眼球即能自動調節，使原為發散型的光束變為會聚型，而聚集於網膜上一點，我們便可清楚地看出光源的形像。眼睛以聚集光束的難易程度來判定光源位置遠近的作用，與逆溯著光線而定出光源位置的方法同類；可藉此估計光源的距離。

用雙眼估計物體的距離較用單眼更為準確。如圖13-5所示，令兩人各持鐵絲一段，使兩節鐵絲端點相觸，便可發現用雙眼時較易，用單眼時較難。如圖13-6所示，自物體的一端發出的光線分別到達兩個眼睛必沿著不同的方



圖13-5 測驗以單眼估計距離能力之實驗。



圖 13-6 雙眼視力。由雙眼對物體間所張之角度及兩光束之焦聚判斷物體之距離。

向；這與上册第一章所述測定距離的三角測量法相似，兩眼的距離即為三角測量法中的底線，如兩眼屬於不同的兩個人，他們便可以底線和視線所成的角度計算出物體的距離。而人腦雖沒有具體的計算步驟，但由於雙眼在其視線上的轉動與聚光作用，加上過去視覺的經驗，便可直覺地判斷出物體的距離，而比只賴一眼的聚光作用以測定距離來得正確。

13-6 反射定律

前節所討論的是如何確定光源的位置。但由此法所測定者，不一定是真正光源的位置。因這時從光源射出來的光線被反射或折射（見第十四章）而改變方向，故反溯光線所得的交點，不一定是這些光線的出發點（即光源）。雖然如此，但見到的是光源“呈現”在這個交點上，可是這只是光源的“像”，而不是光源的本身。

研究鏡面反射，可以用硬的白色紙板豎立於反射面上，使入射光線 (Incident ray) 與反射光線 (Reflected ray) 均在紙板表面上，如圖13-7。試驗結果發現，紙板必與反射面成為垂直，若改變入射線的方向做多次的實驗，也必得同樣的結果——入射線與反射線所在的平面必與反射面垂直。

如進一步在紙板上，自入射光線抵達反射面之點（稱為入射點）起，畫一直線與反射面垂直，則此直線（稱為法線，Normal）與入射線、反射線同在紙板面上，由這觀察可得鏡面反射的第一定律如下：

光被鏡面反射時，入射線、反射線及法線（垂直鏡面於入射點的直線），都在同一平面上。

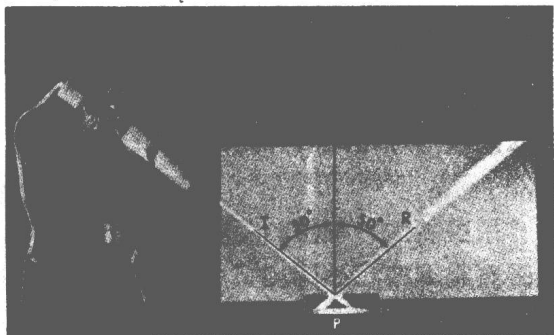


圖 13-7 證明反射第一定律與第二定律之實驗。圖中所見之兩光束似互相交叉，此乃因紙板在鏡面下所成之像亦被見到，故造成此一現象。

如圖13-7，量取法線與入射線、反射線間的夾角時，發現反射線與法線間的反射角 (Angle of reflection) 必等於入射線與法線間的入射角 (Angle of incidence)，可得鏡面反射第二定律如下：

反射角等於入射角。

13-7 平面鏡的成像

我們可以應用上節所述兩條反射定律來確定一般鏡面所造成的像的位置和性質。圖 13-8 中水平直線 LM 表平面鏡的反射面，係與紙面垂直。 H 點表物體上面對鏡面的一個點。自 H 點作兩光線投射於鏡面上，其中 HM 係垂直於 LM ，而 HL 與垂直鏡面於 L 點的法線成 i 角。 MH' 和 LH' 為此兩光線的反射線在鏡後的延長線。

按反射定律第二條，當知 i 角應等於 r ，又 i' 應等於 i ； r' 應等於 r ，故 i' 等於 r' ，故三角形 HLH' 為等腰三角形。因為它的兩腰相等，所以 $H'M = HM$ 。

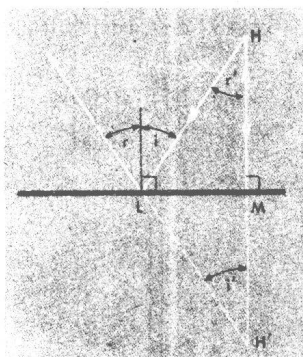


圖 13-8 兩條光線在平面鏡反射時的幾何關係。兩條光線均自 H 點發出，其中一條射向 M 點，循原路射回，另一條射向 L 點， i 角等於 r 角， MH' 和 LH' 為兩反射線的延線。

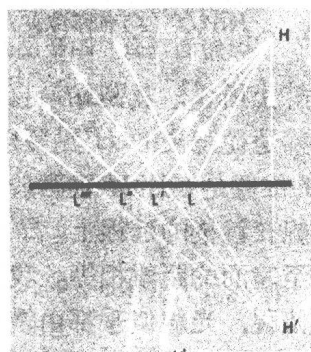


圖 13-9 不止兩條光線投射在平面鏡上的幾何關係。